

# PM2.5に重点をおいた医療施設における浮遊微粒子の挙動に関する研究

## Investigation of the Actual Suspended Particulate Matter Conditions at Medical Facilities at the view point of PM2.5

J05067-2 鈴木 崇士

### Abstract

It turns out that the suspended particulate matter affects the human body by the epidemiology research in recent years, and is paid attention to PM2.5. Then, investigation is the actual suspended particulate matter conditions at medical facilities at the view point of PM2.5. It has understood influenced according to the number of people staying in the room as a result. And, there was no room that ran over the reference value that EPA had set up.

Keywords : 浮遊微粒子(Suspended Particulate Matter) PM2.5(Particulate Matter 2.5)  
質量濃度(Mass Concentration) 医療施設(Medical Facilities)

### 1. 研究の背景と目的

近年国際的に大気中の浮遊粒子状物質 (Suspended Particulate Matter:以下 SPM) が人体に影響を及ぼすことが疫学調査によって判明してきた。特に微小粒子が人体に多大な影響を与えることが判明し関心が高まっており、粒径 2.5 $\mu\text{m}$  以下の粒子 (以下 PM2.5) においてアメリカ、WHO では基準値が設定されている。PM2.5 の大部分は人工発生由来のものと考えられており、自然発生由来の粒子よりも毒性が強いと考えられている成分を多く含んでいると考えられていること、呼吸器系の奥深くまで入りやすいことなどから健康への影響が懸念されている。

医療施設においては不特定多数が利用する待合室、特定多数が利用する病室、高度な衛生レベルや厳格な清潔管理が要求される手術室など多様な環境に対応した維持管理法が必要とされるなどの特殊性から建築物衛生法の適用外となっている。しかし、労務者に加え高齢者や身体的弱者が利用することが多いため室内環境の良否が健康に与える影響も多大であると考えられるため現状を把握し、対策を検討する必要があると考えられる。

今回の測定においては、粒径区分個数濃度と粒径区分個数濃度から算出した粒径区分質量濃度を用い、室内環境、空調設備、周辺環境など各種条件との比較、また、医療施設では薬品などを使用することから他の施設に比べ有害な二次生成粒子が発生しやすいことが考えられることから PM2.5 基準の視点から浮遊微粒子の挙動の傾向を把握することを目的とする。

表 1 測定概要

施設名	所在地	延床面積 (m <sup>2</sup> )	測定場所		調査日	測定時刻	天候	室外測定場所	築年数 (年)	床数 (床)
			階	主用途						
医療施設	A 東京都港区	28,549	5F	待合室	06/07/24	10:00 ~ 16:00	雨	通用口	35	535
			6F	事務室						
			2F	談話室						
	B 東京都東村山市	19,315	5F	待合室	06/07/27	10:00 ~ 16:00	曇	駐車場	34	180
			2F	病室 (循環器)						
			2F	待合室						
	C 埼玉県和光市	24,426	2F	待合室	06/07/31	10:00 ~ 16:00	晴	通用口	38	430
			1F	事務室						
			1F	病室						
	D 千葉県柏市	11,027	1F	待合室	06/08/04	10:00 ~ 16:00	晴	裏口	6.5	170
			1F	事務室						
			1F	病室 (介護医療)						
	E 東京都青梅市	3,732	1F	待合室	06/08/16	10:00 ~ 16:00	晴	裏口	18	120
			1F	事務室						
			3F	病室 (介護医療)						
	F 茨城県日立市	58,196	4F	待合室	06/08/18	10:00 ~ 16:00	晴	屋上	2.5	567
			1F	事務室						
			3F	病室						
G 大阪府大阪市	30,288	6F	待合室	06/08/22	10:00 ~ 16:00	晴/雨	裏玄関	22.5	607	
		1F	事務室							
		4F	病室							
H 大阪府大阪市	28,579	4F	待合室	06/08/23	10:00 ~ 16:00	晴	建物裏	14	580	
		2F	事務室							
		3F	病室							
I 大阪府守口市	29,123	2F	待合室	06/08/24	10:00 ~ 16:00	晴	待合所	20.5	359	
		1F	事務室							
		6F	病室							

表 2 建物概要

施設名	測定場所		形状	床面積 (m <sup>2</sup> )	天井高 (m)	室容積 (m <sup>3</sup> )	平均滞在人数 (人)	一人当たりの気積 (m <sup>3</sup> /人)	窓の開閉 (箇所)	扉の開閉 (箇所)
	階	主用途								
医療施設	A	5F 事務室	閉鎖	不明	不明	不明	11.5	不明	不明	不明
		6F 待合室	開放	不明	不明	不明	68.3	不明	不明	不明
		2F 談話室	開放	不明	不明	不明	4.5	不明	不明	不明
	B	3F 事務室	閉鎖	不明	不明	不明	10.0	不明	不明	不明
		1F 待合室	開放	不明	不明	不明	19.9	不明	不明	不明
		2F 病室	閉鎖	不明	不明	不明	4.5	不明	不明	不明
	C	2F 事務室	閉鎖	142.5	2.7	377.5	13.5	28.0	不明	不明
		1F 待合室	開放	107.8	2.7	291.2	11.7	24.9	不明	不明
		1F 病室	閉鎖	11.4	2.6	29.1	0.0	29.1	不明	不明
	D	1F 事務室	閉鎖	51.9	2.6	135.0	8.5	15.9	不明	不明
		1F 待合室	開放	44.7	2.7	120.6	4.5	26.8	不明	不明
		1F 病室	閉鎖	23.1	2.7	62.2	6.0	10.4	不明	不明
	E	1F 事務室	閉鎖	34.2	2.5	85.6	9.0	9.5	開 (1)	開 (1)
		1F 待合室	開放	112.1	2.7	302.6	4.6	65.8	不明	不明
		3F 病室	閉鎖	35.5	2.5	88.7	6.5	13.7	不明	不明
	F	4F 事務室	閉鎖	175.3	2.5	438.2	21.5	20.4	不明	不明
		1F 待合室	開放	240.9	2.6	626.4	30.4	20.6	不明	不明
		3F 病室	閉鎖	14.4	2.5	35.9	6.0	6.0	不明	不明
G	6F 事務室	閉鎖	78.5	不明	不明	7.0	不明	不明	不明	
	1F 待合室	開放	127.8	不明	不明	50.6	不明	不明	不明	
	6F 病室	閉鎖	15.4	不明	不明	0.0	不明	不明	不明	
H	4F 事務室	閉鎖	107.1	2.4	256.9	12.5	20.6	不明	不明	
	2F 待合室	開放	127.7	2.4	306.5	22.9	13.4	不明	不明	
	3F 病室	閉鎖	52.8	2.4	78.7	2.8	31.5	不明	不明	
I	2F 事務室	閉鎖	54.5	2.6	141.7	6.5	21.8	不明	不明	
	1F 待合室	開放	100.0	7.1	710.0	37.7	18.8	不明	不明	
	6F 病室	閉鎖	21.2	2.6	55.0	2.8	22.0	不明	不明	

### 2. 調査項目

本研究は、2006年度に医療施設 (東京 3 件・大阪 3 件・千葉 1 件・埼玉 1 件・茨城 1 件) の計 9 件の室内外で測定を行った。測定概要 (施設名、所在地、調査日、測定時刻、測定時天候、室外側測定場所など) については、表 1 に、また、建物概要 (室内側測定場所の床面積、天井高、容積) については表 2 に示した。

### 3. 微小粒子と粗大粒子の挙動の比較

パーティクルカウンタを用いて測定された値を $<2.0\mu\text{m}$  (機器の仕様のため $<0.3\mu\text{m}$ の粒子は測定できないので今回の研究では考慮しない)と $>2.0\mu\text{m}$ に区分し各種条件と比較する。

#### 3. 1 粒径区分 I/O 比と在室者数の相関

施設 A-I (施設 F は同室で 2 点計測) の計 10 室の待合室において粒径区分 I/O 比と在室者数との相関係数を調べ、換気方式、所在地、フィルタ性能によって比較した。

表 3 に相関の強さの区分を示す。図 1 に微小粒子、粗大粒子で最も強い相関を示した室の経時変化を示す。微小粒子では在室者が減少しても I/O 比が増加しているため、他の発生源があると考えられる。粗大粒子では在室者の減少に伴い I/O 比も減少しているため在室者が主な発生源であると考えられる。

図 2 に粒径区分相関係数箱ひげ図を示した。粗大粒子との相関では、10 室中 7 室が正の相関を示し、強い相関を示している室が 3 室あった。在室者数が室に与える影響の原因として屋外で衣服についた粉じんの飛散、沈降していた粉じんの巻上げなどがあると考えられる。微小粒子では 10 室中 9 室が負の相関を示していることから在室者数によって減少していると考えられる。また、強い負の相関を示している室が 4 室あることは在室者への付着、人体への吸入などによる影響であると考えられる。

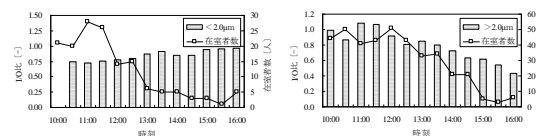
図 3 より換気方式別では、微小粒子では第一種、第一種以外ともに負の相関、粗大粒子では第一種では正、第一種以外では負の相関を示した。第一種換気は空調機を使用し、計画的に換気しているにも関わらず正の相関を示した。

図 4 より所在地別では、都心、郊外ともに微小粒子では負、粗大粒子では正の相関を示し、共に都心のほうが強い相関を示している。このことは都心のほうが郊外に比べ外気に多くの粉じんが浮遊しており、その粉じんが在室者に付着し、それが飛散したことあるいは外気が直接侵入していることが考えられる。

図 5 よりフィルタ性能別では、粗じんの室、中性能の室ともに微小粒子では負、粗大粒子では正の相関を示した。このことは中性能のほうが捕集効率が高いことが影響していると考えられる。しかし、微小粒子ではフィルタ性能による差異が示されているが、粗大粒子では大きな差は見られない。このことから粗大粒子は室内発生の影響が大きい場合、空調的な対策は難しいためと考えられる。

表 3 相関の強さ

相関係数の絶対値の範囲	相関の強さ
$0.0 \leq  r  \leq 0.2$	ほとんど相関がない
$0.2 \leq  r  \leq 0.4$	やや相関がある
$0.4 \leq  r  \leq 0.7$	相関がある
$0.7 \leq  r  \leq 0.9$	強い相関がある
$0.9 \leq  r  \leq 1.0$	極めて強い相関がある



微小粒子 (負) 施設 C 粗大粒子 (正) 施設 F1  
図 1 最も強い相関を示した室

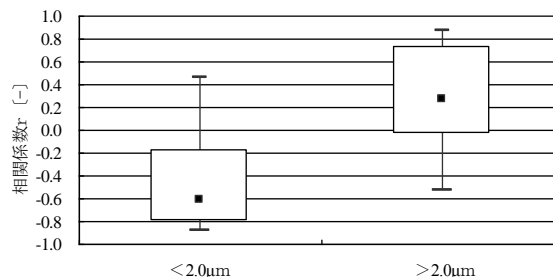


図 2 粒径区分相関係数箱ひげ図

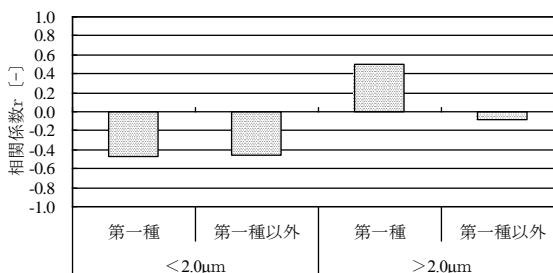


図 3 換気方式別粒径区分相関係数

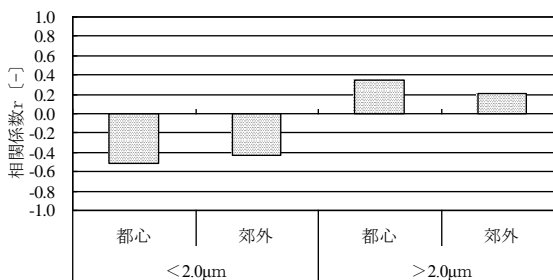


図 4 所在地別粒径区分相関係数

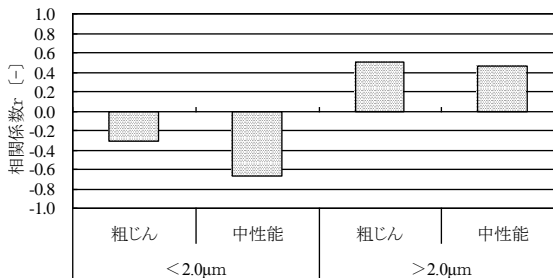


図 5 フィルタ性能別粒径区分相関係数

### 3. 2 空調機器による影響

図6に換気方式別平均質量濃度を、図7に換気方式別I/O比箱ひげ図を示した。

図6より微小粒子においては第一種の室に比べ第一種以外の室のほうが高い値を示した。粗大粒子においては第一種以外の室に比べ第一種の室のほうが若干高い値を示した。このことから粒径によって挙動が変化していることが考えられる。また、第一種の室、第一種以外の室ともに微小粒子に比べ粗大粒子のほうが高い値を示した。

図7より第一種の室、第一種以外の室ともに微小粒子に比べ粗大粒子のほうが値にばらつきが小さかった。このことから換気方式は粗大粒子において効果を発揮するが微小粒子においてはあまり効果を発揮しないと考えられる。

図8にフィルタ性能別平均質量濃度を、図9にフィルタ性能別I/O比箱ひげ図を示した。

図8より微小粒子、粗大粒子ともに中性能の室に比べ粗じんの室のほうが高い値を示した。粗じんフィルタは粒径の大きい粒子を捕集できるにも関わらず高い値を示しているためメンテナンスの不足などの理由が考えられる。

図9より微小粒子、粗大粒子ともに中性能の室に比べ粗じんの室のほうが値にばらつきが見られる。このことから高性能のフィルタは粉じんが除去していることがわかる。また、粒径が大きいほうが除去されやすいと考えられる。

### 3. 3 周辺環境による影響

図10に所在地別粒径区分I/O比箱ひげ図を示した。図より微小粒子、粗大粒子ともに都心に比べ郊外のほうが値にばらつきが見られた。このことから都心は郊外に比べ高い外気濃度を示しているが室環境に影響を与えていないことが考えられる。このことは都心には規模が大きい施設が多く空調機などを使用し計画的な換気が行われていることも影響していると考えられる。そのため郊外に比べ、ばらつきが小さいと考えられる。

図11に室用途別粒径区分I/O比箱ひげ図を示した。図より待合室、病室においては微小粒子に比べ粗大粒子のほうが値に大きなばらつきが見られた。個数濃度I/O比における粗大粒子では待合室に比べ病室のほうが高い値を示していることから待合室では粗大粒子の中でも大きい粒径の粒子が発生していることが考えられる。また、粒径によって高い値を示した室が異なったことから室の使われ方によって発生する粒径が異なることが考えられる。待合室では外気の

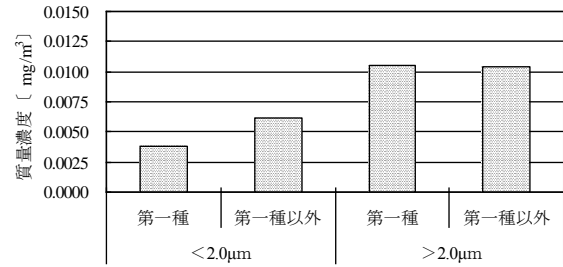


図6 換気方式別平均粒径区分質量濃度

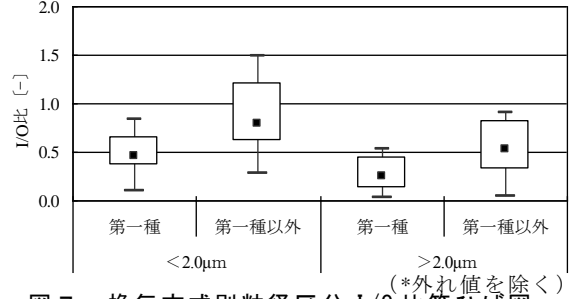


図7 換気方式別粒径区分I/O比箱ひげ図 (\*外れ値を除く)

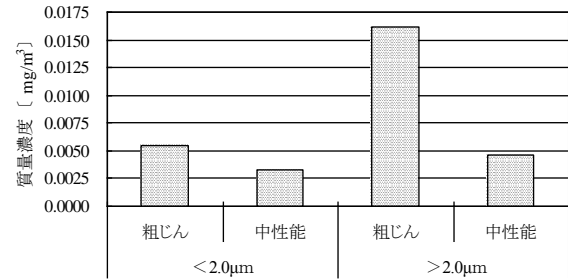


図8 フィルタ性能別平均粒径区分質量濃度

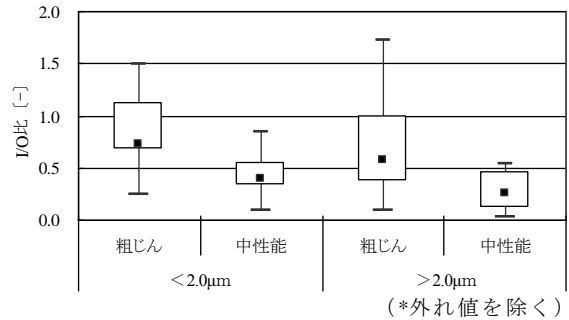


図9 フィルタ性能別粒径区分I/O比箱ひげ図 (\*外れ値を除く)

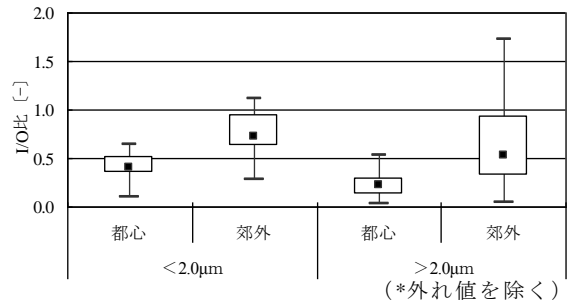


図10 所在地別粒径区分I/O比箱ひげ図

流入が激しいため室によって大きな差が出ていると考えられる。微小粒子が低い値を示したことは在室者への吸着、吸入のためと考えられる。

図 12 に階数別粒径区分 I/O 比箱ひげ図を示した。図より粗大粒子における 1 階の室では値に大きなばらつきが見られた。このことは 1 階に出入り口として使用され人の出入りが激しい待合室が多くあること、1 階に位置しているが外気の影響を受けにくい位置にある室があることが影響していると考えられる。

### 3. 4 PM2.5 基準値との比較

施設 A~I で各外気、事務室、待合室、病室の 4 室（施設 F 待合室は同室で 2 点計測）の計 37 室において調べた。アメリカ環境保護庁（EPA）が定めた基準値（ $0.015\text{mg}/\text{m}^3$ ）、WHO が定めたガイドライン（ $0.010\text{mg}/\text{m}^3$ ）と比較を行った。

図 13 に室内と屋外別の PM2.5 質量濃度箱ひげ図を示す。図より室内に比べ屋外のほうが高い値を示し、大きなばらつきが見られた。このことから自然換気のように直接外気を給気するだけでは室内を清浄な状態に保つことができないと考えられるため、空調機を使い粉じんを除去してから給気する必要があることが確認される。

図 14 に施設別 PM2.5 質量濃度平均値を示す。図より室内においては EPA の基準値を超過した室はなかった。しかし、施設 D 病室においては  $0.0149\text{mg}/\text{m}^3$  を示していたためより清浄に保つ必要があると考えられる。施設 D 病室、施設 E 事務室、待合室、病室においては外気濃度に比べ室濃度のほうが高い値を示していることから室内において PM2.5 が多く発生していると考えられる。特に施設 E においては全ての室で外気濃度に比べ室濃度のほうが高い値を示しているため外気濃度が上昇するに従い基準値を超過してしまう恐れがあると考えられる。

室内において WHO のガイドラインの値を超過した室は、施設 B 事務室、待合室、施設 D 病室があった。これらの室は外気濃度においてもガイドラインの値を超過していたため外気の影響を受けていることが考えられる。

### 5. まとめ

○室内環境との比較においては、発生源となる比較対象が多い室においては室の気積も大きいため必ずしも高い値を示しはしなかった。

○空調機器との比較においては、より本格的な空調設備のほうが低い値を示したため、空調の効果が得られていると考えられる。

○周辺環境との比較においては、室用途では微小粒子と粗大粒子で異なる結果を示した。このことから室の使用状況によって発生する粒径が異なることが考えられる。

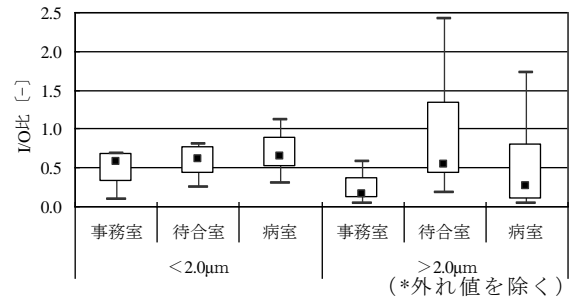


図 11 室用途別粒径区分 I/O 比箱ひげ図

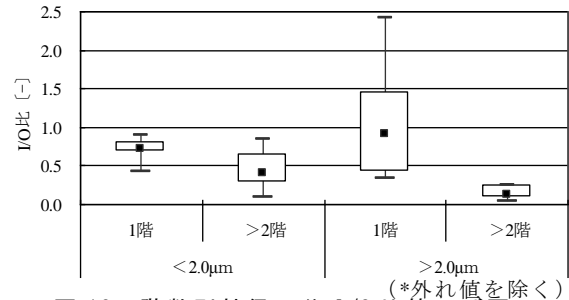


図 12 階数別粒径区分 I/O 比箱ひげ図

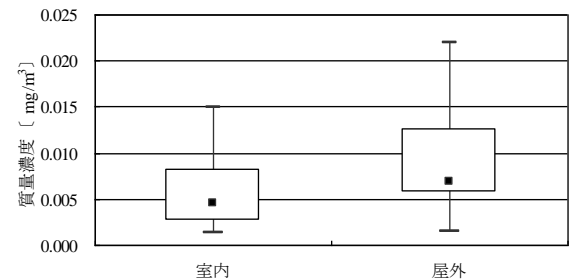


図 13 室内と屋外別の PM2.5 質量濃度箱ひげ図

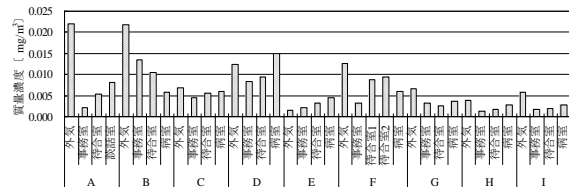


図 14 施設別 PM2.5 質量濃度平均値

## 6. 今後の課題

- ・全室において在室者数を調査
- ・空調機の運転状況やメンテナンス頻度の調査

### 【参考文献】

- 1)環境省；健康影響評価検討会報告書、2008.04
- 2)William C. Hinds;エアロゾルテクノロジー、井上書院、1985.4
- 3)高橋幹事;エアロゾル学の基礎、森北出版、2003.7

### 【謝辞】

本研究は平成 18 年度厚生労働科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）「建築物における環境衛生管理に関する研究（代表者：目黒克己）」の内、分担研究「室内エアロゾルの性状とその評価方法に関する研究（代表者：池田耕一）」により行いました。記してここに感謝の意を表します。